

BC

**Non-contact piezo-electric assembly****Publication number:** DE19534955**Publication date:** 1996-03-28**Inventor:** MIYAKE RYO (JP); TSUZUKI KOICHI (JP); YAMAZAKI ISAO (JP); ENOKI HIDEO (JP); MITSUMAKI HIROSHI (JP)**Applicant:** HITACHI LTD (JP)**Classification:****- international:** *B01F11/02; B06B3/00; G01N35/02; G01N35/00; B01F11/00; B06B3/00; G01N35/02; G01N35/00; (IPC1-7): G01N35/02; B01F11/02; B06B3/00; G01N35/00***- European:** B01F11/02K; B06B3/00; G01N35/02C**Application number:** DE19951034955 19950920**Priority number(s):** JP19940224768 19940920**Also published as:**

US5736100 (A1)

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19534955**

A chemical analysis assembly has turntables accommodating reaction vessels, sample holders and reagent vessels, arranged in circles. A sample pipette mechanism and a reagent pipette mechanism transport predetermined quantities of samples and reagents respectively into the reaction vessels where they are mixed. The mixer assembly is a piezo-electric element which has no physical contact with the sample and reagent solution in the reaction vessel. The piezo-electric mixer generates a sound wave whose speed is at least  $1 \times 10^{-4}$  m/s and directed at the base of the reaction vessel.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 34 955 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 N 35/02**  
B 06 B 3/00  
G 01 N 35/00  
B 01 F 11/02

②1 Aktenzeichen: 195 34 955.5  
②2 Anmeldetag: 20. 9. 95  
④3 Offenlegungstag: 28. 3. 96

DE 195 34 955 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
20.09.94 JP 6-224768

⑦1 Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Frohwitter,  
Geissler & Partner Patent- und Rechtsanwälte, 81679  
München

⑦2 Erfinder:  
Miyake, Ryo, Tsukuba, JP; Tsuzuki, Koichi,  
Tsuchiura, JP; Yamazaki, Isao, Ibaraki, JP; Enoki,  
Hideo, Ibaraki, JP; Mitsumaki, Hiroshi, Mito, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Chemischer Analysator mit nicht eintauchendem Rührwerk

⑤7 Ein chemischer Analysator hat Drehtische, die jeweils Reaktionsgefäße, Probenbehälter und Reagenzbehälter tragen, die darauf in Kreislinien angeordnet sind. Ein Probenpipettiermechanismus und ein Reagenzpipettiermechanismus sind vorgesehen, um vorbestimmte Mengen von Probe und Reagenzlösung aus einem Probenbehälter und einem Reagenzbehälter in das Reaktionsgefäß zu transportieren. Die so transportierten Proben und Reagenzlösungen werden im Reaktionsgefäß durch ein Rührwerk gemischt, das ein piezoelektrisches Element enthält, das in nicht berührender Relation mit der in dem Reaktionsgefäß befindlichen Probe und Reagenzlösung angeordnet ist und elektrisch betrieben wird, um eine Schallwelle zu erzeugen, die eine Zirkulationsströmung der Reagenzlösung in dem Reaktionsgefäß verursacht, wodurch die Probe und die Reagenzlösung in nicht eintauchender Weise gemischt werden.

DE 195 34 955 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 802 013/850

14/30

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die chemische Analyse und insbesondere auf einen chemischen Analysator, der mit einem Rührwerk ausgerüstet ist, um eine Probe und eine Reagenzlösung in einem Reaktionsgefäß auf nicht eintauchende Weise zu mischen.

Das US-Patent 4,451,433 beschreibt ein Beispiel der konventionellen chemischen Analysatoren. Der in der US-Patentschrift beschriebene chemische Analysator hat einen kalorimetrischen Analysenabschnitt zum Analysieren und Messen des Eiweißgehaltes von Blut oder der Komponenten von Urin und einen Ionenanalysenabschnitt zum Analysieren des Ionengehalts des Blutes. Der Analysator hat eine Verarbeitungsfähigkeit von mehr als mehreren hundert Untersuchungen pro Stunde. Insbesondere ist ein größerer Analysator so bemessen, daß er mehr als 9.000 Untersuchungen pro Stunde durchführen kann. Um die Verarbeitungsgeschwindigkeit insbesondere des kalorimetrischen Analyseabschnitts zu erhöhen, ist eine größere Zahl von Reaktionsgefäßen in einer Reihe auf einem Drehtisch angeordnet, der auf der oberen Oberfläche des chemischen Analysators vorgesehen ist, so daß die Proben aufeinanderfolgend gemischt, zur Reaktion gebracht und in überlappenden Verarbeitungsschritten gemessen werden. Der Analysator enthält vor allem automatische Proben- und Reagenzzuführungsmechanismen zum automatischen Zuführen von Proben und Reagenzien in aufeinanderfolgende Reaktionsgefäße, ein automatisches Rührwerk zum Mischen von Proben und Reagenzien in den Reaktionsgefäßen, ein Meßgerät zum Messen der physikalischen Charakteristiken oder Eigenschaften der Proben während oder nach den Reaktionen mit den Reagenzien, einen automatischen Waschmechanismus zum Ansaugen und Ablassen der so gemessenen Proben aus den Reaktionsgefäßen und dann zum Waschen der Gefäße; und ein Steuergerät zum Steuern der jeweiligen Betriebsstufen. Das automatische Rührwerk zum Mischen von Proben und Reagenzien hat ein Rührstabteil, das so bemessen ist, daß es unter den Flüssigkeitspegel in jedes Reaktionsgefäß abgesenkt werden kann, um eine Wirbelströmung in dem Reaktionsgefäß herbeizuführen, einen Motor zum Rotieren des Rührstabteils, ein Waschgefäß, in dem das Rührstabteil gewaschen wird, und einen Antriebsmechanismus zum Bewegen des Rührstabteils hin und her zwischen dem Waschgefäß und dem Reaktionsgefäß.

Auf dem Gebiet der chemischen und medizinischen Analyse besteht großer Bedarf für eine große Verminderung oder Minimierung der Mengen von Proben und Reagenzien, die zu untersuchen sind. Insbesondere wird, wenn die Analyseobjekte zunehmen, die Menge jeder Probe, die für jedes der Analyseobjekte verwendet wird, vermindert. Zusätzlich hat man nunmehr die Analyse unter Verwendung sehr kleiner Mengen von Probe und Reagens, die konventionell bisher als Hochniveauanalyse betrachtet wurden, wie z. B. eine NDA-Analyse, bei der die Probe sehr selten ist und nicht in großen Mengen bereitgestellt werden kann, im Routinebetrieb durchgeführt. Da die benötigten Niveaus der Analysen erhöht werden, werden für die Analysen üblicherweise teure Reagenzien benutzt. Aus dem Gesichtspunkt der Betriebskosten für Analysen besteht ein großer Bedarf für die Verminderung oder Minimierung der Mengen von Reagenzien, die für solche Analysen verwendet werden. In den Gebieten der Herstellung von Medikamenten und in der Biotechnologie ist darüber hinaus wichtig

geworden, sehr kleine Mengen von Reagenzien zu mischen oder eine Probe unter Verwendung sehr kleiner Materialmengen bereitzustellen.

Im Stand der Technik wurde ein Rührteil wie ein Stab oder eine Schraube verwendet, um die Flüssigkeiten in Reaktionsgefäßen zu mischen. Nach dem Mischen der Flüssigkeiten haftet die Mischung an dem Rührteil und wird zu dem Test des darauffolgenden Materials weitergetragen, was eine Verunreinigung verursacht und die darauffolgende Untersuchung ungünstig beeinflusst.

In letzter Zeit trachten Spitäler, die normalerweise chemische Analysatoren verwenden, dazu, mit verschiedenen anderen Maschinen und Geräten ausgerüstet zu werden. Es besteht daher ein Bedarf für die Verringerung der Größen der chemischen Analysatoren.

Es ist ein erstes Ziel der vorliegenden Erfindung, einen chemischen Analysator vorzusehen, der so konstruiert ist, daß das Übertragen von Flüssigkeiten verhindert wird, das in Analysatoren des Standes der Technik bei der Mischung von Flüssigkeiten auftritt.

Es ist ein zweites Ziel der vorliegenden Erfindung, einen chemischen Analysator verringerter Baugröße zu schaffen.

Um das erste Ziel zu erreichen, sieht die vorliegende Erfindung einen chemischen Analysator vor mit einem Reaktionsgefäß, einer Vorrichtung zum Zuführen einer Probe in das Reaktionsgefäß durch eine obere Öffnung hiervon, einer Vorrichtung zum Zuführen eines Reagens in das Gefäß durch die obere Öffnung hiervon, und eine Vorrichtung zum Messen einer physikalischen Eigenschaft der Probe während oder nach der Reaktion dieser Probe mit dem Reagens, verbessert durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen, die außerhalb des Reaktionsgefäßes angeordnet ist, zur Erzeugung von auf das Reaktionsgefäß gerichteten Schallwellen.

Um das zweite Ziel zu erreichen, sieht die vorliegende Erfindung einen chemischen Analysator vor, der enthält einen ersten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Reaktionsgefäßen, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, einen zweiten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Probenbehältern, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, wobei jeder Probenbehälter eine zu untersuchende Probe enthält, einen dritten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Reagenzbehältern, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, wobei jeder Reagenzbehälter eine Menge von Reagenzlösung enthält, eine Vorrichtung zur Zuführung von Proben, die die Übertragung einer Probe von einem der Probenbehälter in eines der Reaktionsgefäße durch eine obere Öffnung bewirkt, eine Vorrichtung zur Zuführung von Reagens, die die Übertragung einer Reagenzlösung von einem der Reagenzbehälter in eines der Reaktionsgefäße durch eine obere Öffnung hiervon bewirkt, und eine Vorrichtung zum Messen einer physikalischen Eigenschaft der in einem Reaktionsgefäß enthaltenen Probe während oder nach der Reaktion der Probe mit einem in dem Reaktionsgefäß enthaltenen Reagens, verbessert durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen, die außerhalb des Reaktionsgefäßes angeordnet ist, zur Erzeugung von auf das Reaktionsgefäß gerichteten Schallwellen.

Der hauptsächliche Grund für die im Stand der Technik auftretende Übertragung ist der, daß ein Rührstab oder eine Rührschraube verwendet wurde, um mechanisch eine Probe und ein Reagens zu mischen, die in ein Reaktionsgefäß eingefüllt wurden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen außerhalb des Re-

aktionsgefäßes angeordnet, um auf das Reaktionsgefäß gerichtete Schallwellen zu erzeugen. Die so erzeugten Schallwellen wirken in dem Reaktionsgefäß im Sinne eines Rührens von Probe und Reagens in dem Reaktionsgefäß, was die Notwendigkeit für einen Rührstab oder eine Rührschraube eliminiert, die in chemischen Analysatoren des Standes der Technik verwendet wurden, um mechanisch eine Probe und ein Reagens in einem Reaktionsgefäß zu rühren.

Außerdem war im Stand der Technik die Baugröße des chemischen Analysators vor allem durch die Durchmesser des Drehtisches zum Tragen einer Mehrzahl von Reaktionsgefäßen, des Probendrehtisches zum Tragen einer Mehrzahl von Probenbehältern, und des Reagenzdrehtisches zum Tragen einer Mehrzahl von Reagenzbehältern bestimmt. Die Durchmesser dieser Drehtische sind bestimmt auf der Grundlage der Größen der jeweiligen Reaktionsgefäße und der Proben- und Reagenzbehälter. Da es schwierig ist, die Zahl der Reaktionsgefäße zu reduzieren, die in der Zeiteinheit bearbeitet werden, ist es erforderlich, daß die Größen der Reaktionsgefäße und der Proben- und Reagenzbehälter reduziert werden. Die Größen der Reaktionsgefäße und der Proben- und Reagenzbehälter sind bestimmt auf der Grundlage der Mengen von Probe und Reagens, die in jedem Reaktionsgefäß, jedem Probenbehälter und jedem Reagenzbehälter enthalten sind, und es ist nicht mehr möglich, die Größen solcher Gefäße und Behälter zu reduzieren.

Die Mengen von Probe und Reagens, die in solchen Gefäßen und Behältern enthalten sind, sind nicht die Mengen, die im wesentlichen für die Analyse benötigt werden, sondern die Mengen sind bestimmt für den Zweck der mechanischen Rührbewegung, die durch einen Rührstab oder eine Rührschraube ausgeführt wird. Da nämlich eine mechanische Rührbewegung nicht gut durchgeführt werden kann, wenn kleinere Mengen von Proben und Reagenzien in das Reaktionsgefäß eingefüllt werden, sind die Mengen von Probe und Reagens, die in das Reaktionsgefäß eingefüllt werden, unnötigerweise größer als für die chemische Analyse und die Messung.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Rührbewegung nicht durch irgendein mechanisches Teil, sondern durch Schallwellen vorgenommen, in der Weise, daß die in einem Reaktionsgefäß zu mischenden Materialien nicht durch irgendein mechanisches Rührteil berührt werden. In der mechanischen Rührbewegung werden gewisse Mengen von Probe und Reagens benötigt, um es einem Rührstab oder dergleichen zu ermöglichen, die Probe und das Reagens mechanisch zu mischen. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die in einem Reaktionsgefäß zu mischenden Materialien, da das Rühren durch Schallwellen vorgenommen wird, durch ihre eigenen Bewegungen in dem Reaktionsgefäß gerührt. Gemäß der vorliegenden Erfindung sind daher verminderte Mengen von Proben und Reagenzien ausreichend für eine Rührbewegung, die in einem Reaktionsgefäß durchgeführt wird. Die Mengen von Probe und Reagens, die in ein Reaktionsgefäß einzufüllen sind, können daher nur für die chemische Analyse und die Messung bemessen sein, mit dem Ergebnis, daß die Größen der Reaktionsgefäße und der Proben- und Reagenzbehälter reduziert werden können, so daß die Drehtische für die Gefäße und Behälter mit vermindertem Durchmesser ausgebildet sein können. Dementsprechend erzielt die vorliegende Erfindung den Vorteil, daß die Größe des gesamten chemischen Analysators vermindert werden

kann.

Die Verwendung von Ultraschallwellen zum Zweck von Rührbewegungen ist in den folgenden Veröffentlichungen beschrieben, obwohl die Rührbewegungen nicht für chemische Analysatoren vorgesehen sind:

Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 57-28182 beschreibt ein Verfahren zum Mischen eines Flüssigkristalls und eines Polychroidfarbstoffes, bei dem ein Behälter, der den Flüssigkristall und den Farbstoff enthält, durch einen Deckel geschlossen wird, worauf der Behälter einer Ultraschallwelle ausgesetzt wird, um den Behälter mit hoher Frequenz zu vibrieren.

Eine Veröffentlichung "Promotion of Heat Transfer by Acoustic Flow", Japan Acoustic Society Journal, Bd. 45, Nr. 1 (1989) beschreibt die Verwendung einer geraden akustischen Strömung, die von außen wirkt, in einer Weise ähnlich einer Zwangsströmung, um die Wärmeübertragung in einem erhitzten Material zu fördern.

Eine Veröffentlichung "Ultrasonically Induced Microtransport", 1991 IEEE, S. 277—282, beschreibt eine Flüssigkeitsfördervorrichtung, die einen piezoelektrischen Film enthält, der auf der Bodenoberfläche eines Gefäßes vorgesehen ist, um eine transversale fortschreitende Welle zu erzeugen.

Der Versuch zur Verwendung einer akustischen Strömung in einem Rührwerk eines chemischen Analysators trifft unweigerlich auf das Problem, daß die Oberseite jedes Reaktionsgefäßes geöffnet werden muß, um sicherzustellen, daß eine Probe und ein Reagens in das Gefäß eingeführt werden können, um dort miteinander gemischt zu werden. Es ist durch Forschung festgestellt worden, daß die in dem Reaktionsgefäß gemischten Materialien durch die obere Öffnung des Gefäßes ausgeworfen werden, wenn die Ultraschallwelle unüberlegt oder in unkontrollierter Weise zur Einwirkung auf das Reaktionsgefäß gebracht wird.

Um dieses Problem zu lösen, hat jedes der bevorzugten Ausführungsbeispiele der im folgenden zu beschreibenden Erfindung ein piezoelektrisches Element, das in geeigneter Weise relativ zum Reaktionsgefäß angeordnet ist, so daß die in dem Reaktionsgefäß zu mischenden Materialien nicht einheitlich der gleichen Größe einer Ultraschallwelle ausgesetzt werden können. In anderen Worten, das piezoelektrische Element ist im Verhältnis zum Reaktionsgefäß derart angeordnet, daß in den im Reaktionsgefäß zu mischenden Materialien eine Strömung verursacht wird, um zu verhüten, daß die Materialien in dem Gefäß gemeinsam nach oben bewegt und durch die obere Öffnung ausgeworfen werden.

Nähere Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die in der Zeichnung dargestellt sind.

Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des chemischen Analysators der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine vergrößerte Teilschnittansicht des chemischen Analysators nach Fig. 1, die ein nicht eintauchendes Rührwerk zeigt, das in dem Analysator vorgesehen ist;

Fig. 3 bis 6 sind ähnlich Fig. 2, zeigen jedoch modifizierte nicht eintauchende Rührwerke; und

Fig. 7 ist eine vergrößerte Teilschnittansicht eines anderen Ausführungsbeispiels des chemischen Analysators gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezugnehmend auf Fig. 1 und 2 enthält ein chemischer Analysator eine Mehrzahl von Reaktionsgefäßen 301, die auf einem die Gefäße tragenden Drehtisch 302 entlang des äußeren Umfangs hiervon angeordnet sind.

Der Drehtisch 302 ist durch einen ersten Tischantriebsabschnitt 303 drehbar, so daß die Reaktionsgefäße 301 um die Achse des Drehtisches 302 rotiert werden. Ein automatischer Probenzuführungsmechanismus 304 zum Zuführen von Proben in die Reaktionsgefäße 301 und ein automatischer Reagens-Zuführungsmechanismus 308 zum Zuführen verschiedener Arten von Reagenzlösungen in die Reaktionsgefäße 301 sind nahe dem äußeren Umfang des Drehtisches 302 vorgesehen. Damit der automatische Probenzuführungsmechanismus 304 sukzessiv mit Proben versehen werden kann, ist eine Mehrzahl von Probenbehältern oder -behältern 305 auf einem die Proben tragenden Drehtisch 306 angeordnet, der mit einem zweiten Tischantriebsabschnitt 307 für die Rotation verbunden ist, so daß die Probenbehälter 305 um die Achse des Drehtisches 306 rotieren. Damit der Reagenzzuführungsmechanismus 308 verschiedene Arten von Reagenzlösungen in die Reaktionsgefäße 301 einführen kann, ist eine Mehrzahl von Reagenzflaschen 309 auf einem Reagenzflaschendrehtisch 310 angeordnet, der zum Zweck der Rotation mit einem dritten Antriebsabschnitt 311 verbunden ist.

In einer Stellung, in der der automatische Reagenzzuführungsmechanismus 308 eine Reagenzlösung in das Reaktionsgefäß 301 auf dem gefäßtragenden Drehtisch 302 einführen kann, sind ein nicht eintauchendes Rührwerk 312 und ein Antrieb 313 hierfür so angeordnet, daß die Reaktionslösung, die so in das Reaktionsgefäß 301 eingeführt wurde, und eine darin befindliche Probe gemischt werden. Ein Meßabschnitt 314 ist nahe dem äußeren Umfang des gefäßtragenden Drehtisches 302 angeordnet, jedoch entfernt von dem Rührwerk 312, um die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten zu messen, die durch die Reaktionen in den Reaktionsgefäßen erzeugt werden. An einer anderen Stellung entlang dem äußeren Umfang des gefäßtragenden Drehtisches 302 ist ein Waschmechanismus 315 angeordnet, um die Reaktionsflüssigkeiten aus den Reaktionsgefäßen 301 zu saugen und dann Waschflüssigkeit in die Gefäße einzuführen, um das Innere der Gefäße zu waschen und zu reinigen. Nahe dem Waschmechanismus 315 ist ein zweites nicht eintauchendes Rührwerk 316 und ein Antrieb bzw. Treiber 317 hierfür vorgesehen, um Konvektion in den Reaktionsgefäßen 301 zu bewirken, um darin Bewegung zu verursachen zum Zweck der Erhöhung der Wirkungsweise des Waschens und Reinigens der Gefäße.

Die Antriebsabschnitte 303, 307 und 311 der Drehtische, der automatische Probenzuführungsmechanismus 304, der automatische Reagenzlösungszuführungsmechanismus 308, die Treiber 313 und 317 für die zwei nicht eintauchenden Rührwerke 312 und 316, und der Waschmechanismus 315 sind alle durch Steuersignalleitungen elektrisch mit einem Steuerabschnitt 318 verbunden. Der Meßabschnitt 314 ist durch eine weitere Steuersignalleitung ebenfalls mit dem Steuerabschnitt 318 verbunden. Der gefäßtragende Drehtisch 302 wird schrittweise rotiert, so daß die darauf gehaltenen Reaktionsgefäße 301 schrittweise um die Achse des Drehtisches 302 bewegt werden.

Jedes der nicht eintauchenden Rührwerke 312 und 316 ist in der Form eines piezoelektrischen Elements 103 ausgebildet, das mit Hilfe eines Positionseinstellers 106 am Boden eines Wasserbehälters 401 befestigt und elektrisch mit dem Treiber 313 oder 317 verbunden ist. Das piezoelektrische Element 103 ist so angeordnet, daß immer dann, wenn die Reaktionsgefäße 301 angehalten werden, eines der Reaktionsgefäße 301 über dem piezo-

elektrischen Element 103 positioniert ist. Der Positionseinsteller 106 ist vorgesehen um sicherzustellen, daß beim Anhalten der Gefäße 301 auf diese Weise, ein Reaktionsgefäß in vertikaler Ausrichtung mit dem piezoelektrischen Element 103 positioniert ist. Der Positionseinsteller 106 kann jedoch weggelassen werden, wenn der gefäßtragende Drehtisch 302 so aufgebaut ist, daß er präzise ein Reaktionsgefäß 301 in Ausrichtung mit dem piezoelektrischen Element 103 positioniert.

Speziell bezugnehmend auf Fig. 2 ist jedes Reaktionsgefäß 301 an dem reaktionsgefäßtragenden Drehtisch 302 befestigt und enthält eine Probe 101 und eine Reagenzlösung 102. Der oben erwähnte Wasserbehälter 401 enthält eine Menge von Wasser 402, die auf konstanter Temperatur gehalten ist und unter dem Drehtisch 302 so angeordnet ist, daß ein zugeordnetes Reaktionsgefäß 301 teilweise in das Wasser 402 konstanter Temperatur eingetaucht wird. Der Wasserbehälter 401 ist so bemessen, daß das am Boden des Behälters 401 montierte piezoelektrische Element 103 ohne Berührung des Bodens des Reaktionsgefäßes 301 angeordnet ist, das in dem Wasserbehälter 401 aufgenommen wird. Das piezoelektrische Element 103 wird durch den Treiber 313 oder 317 bei vorbestimmter Frequenz betrieben.

Im Betrieb wird das piezoelektrische Element 103 von dem Treiber 313 oder 317 aktiviert und dadurch mit einer vorbestimmten Frequenz in einer Richtung vibriert, die durch den Pfeil 105 in Fig. 2 angedeutet ist. Diese Vibration pflanzt sich als Schallwelle, bezeichnet durch 403, durch das Wasser 402 im Behälter 401 fort, bis die Schallwelle 403 den Boden des Reaktionsgefäßes 301 erreicht. Hierauf tritt die Schallwelle 403 durch die Bodenfläche des Reaktionsgefäßes 301 und erreicht die Probe 101 und die darin enthaltene Reaktionslösung 102. Die Schallwelle 403 pflanzt sich in der Reaktionslösung in vertikaler Richtung im Reaktionsgefäß 301 fort, so daß eine Aufwärtsströmung verursacht wird, die als gerade akustische Strömung bezeichnet wird und durch die Pfeile 203 veranschaulicht ist.

Der Grund, warum eine Aufwärtsströmung verursacht wird, dürfte darin liegen, daß bei der Fortpflanzung der Schallwelle in einer Flüssigkeit, wie der Lösung, in der Richtung der Vibration die Viskosität und die Volumenviskosität der Flüssigkeit eine Absorption der Schallwelle verursachen, die ihrerseits eine Differenz oder eine Änderung in der Energie der Schallwelle in Richtung ihrer Fortpflanzung verursacht, um dadurch einen Druckgradienten in der Flüssigkeit zu erzeugen, wie es in der Veröffentlichung "Physical Acoustics", Seiten 265 bis 330 diskutiert wird.

Die Erzeugung einer geraden akustischen Strömung 203 verursacht eine vertikale Konvektion in dem Reaktionsgefäß 301, so daß die Probe 101 erst an der Oberfläche der Reagenzlösung 102 gehoben und dann entlang der inneren Umfangsoberfläche des Gefäßes 301 abgesenkt wird, wodurch die Probe 101 und die Reagenzlösung 102 in dem Gefäß 301 gerührt und gemischt werden. Es ist festzustellen, daß diese Rühr- und Mischoperation ohne irgendein festes Rührteil verursacht wird, das in das Reaktionsgefäß 301 einzusetzen wäre. Die Geschwindigkeit der akustischen Geradströmung 203 steigt mit dem Ansteigen des Schallabsorptionskoeffizienten in der Reagenzlösung, mit der Vibrationsfrequenz und mit der Amplitude der Vibration. Es ist durch experimentelle Tests festgestellt worden, daß die Bedingung für ein merkliches Auftreten einer akustischen Geradströmung in dem Reaktionsgefäß 301 eine Vibration

des piezoelektrischen Elements 103 mit einer Geschwindigkeit von wenigstens  $1 \times 10^{-4}$  m/s erfordert. Es ist unnötig, daß das Reaktionsgefäß 301 im Kontakt mit dem piezoelektrischen Element 103 angeordnet ist.

Bezugnehmend nun auf Fig. 3 bis 5, die modifizierte Anordnungen der nicht eintauchenden Rührwerke des chemischen Analysators entsprechend der vorliegenden Erfindung zeigen, ist es bevorzugt, daß zum Zweck der Erleichterung eines wirksamen Mischens und Rührens in einer kurzen Zeitperiode eine Zirkulationsströmung 108 in dem Reaktionsgefäß 301 verursacht wird. Um so eine Zirkulationsströmung durch eine akustische Geradströmung herbeizuführen, ist es bevorzugt, daß in einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzung der Schallwelle eine Variation in der Größenverteilung der Energie der Schallwelle herbeigeführt wird, um sicherzustellen, daß die Größen der Geradströmungen, die in der Richtung der Fortpflanzung einer Ultraschallwelle verursacht werden, in der Ebene nicht einheitlich sind. Eine Differenz in der Geschwindigkeit zwischen den Geradströmungen erzeugt eine Zirkulationsströmung. Als Maßnahme zum Herbeiführen einer Variation in der Verteilung der Energiegröße ist der Positionseinsteller 106 gemäß Fig. 3 so aufgebaut, daß das piezoelektrische Element 103 an einer Position außerhalb des Zentrums des Bodens des Wasserbehälters 401 angeordnet ist, um sicherzustellen, daß die Zone, durch die sich die Ultraschallwelle im Reaktionsgefäß 301 fortpflanzt, von der Längsachse des Reaktionsgefäßes abgesetzt ist, wodurch die Größe der Energie in einer Zone angrenzend an eine Seite der inneren Umfangsoberfläche des Gefäßes 301 am größten ist, wie sich durch eine akustische Geradströmung 203 zeigt, die angrenzend an die Umfangswand des Gefäßes 301 ausgebildet wird, um eine abwärtsgerichtete Strömung entlang der gegenüberliegenden Seite der inneren Umfangswandoberfläche des Gefäßes 301 herbeizuführen. Ein Dichtglied 107 ist zwischen dem so gegeneinander versetzten piezoelektrischen Element 103 und dem Boden des Wasserbehälters 401 vorgesehen.

In der in Fig. 4 dargestellten Modifikation ist das piezoelektrische Element 103 an der Seitenwand des Wasserbehälters montiert. Der Winkel des piezoelektrischen Elements 103 wird durch einen Winklereinsteller 109 eingestellt, so daß eine Ultraschallwelle, die durch das piezoelektrische Element 103 ausgesandt wird, schräg auf einen Teil einer Seite der Umfangswand des Reaktionsgefäßes 301 gerichtet ist, wodurch eine Variation in der Verteilung der Energiegröße in dem Reaktionsgefäß 301 herbeigeführt wird, um eine Zirkulationsströmung 108 auszubilden, die von einer Seite der Umfangswand des Gefäßes 301 beginnt und an die entgegengesetzte Seite hiervon strömt, wo die Zirkulationsströmung 108 auffächert und auf die eine Seite der Umfangswand des Gefäßes zurückkehrt.

In der in Fig. 5 dargestellten Modifikation wird der Abstand der vorderen oder inneren Endfläche des piezoelektrischen Elements 103 von dem Reaktionsgefäß 301 durch einen Abstandseinsteller 110 eingestellt, derart, daß die Energie der Ultraschallwelle 403 auf die Bodenfläche des Reaktionsgefäßes 301 konvergiert, um sicherzustellen, daß die Größe der Energie in einem kleinen Gebiet oder Punkt in einer Ebene am höchsten ist, der innerhalb des Reaktionsgefäßes liegt, und senkrecht auf die Richtung der Fortpflanzung der Ultraschallwelle 403 ist. Diese Anordnung ist auch wirksam zum Herbeiführen einer Zirkulationsströmung 108, die von der zentralen Zone der Bodenfläche des Reaktions-

gefäßes 301 gegen die Oberfläche der Reaktionslösung 102 aufsteigt und dann von dort gegen den Boden des Reaktionsgefäßes 301 zurückkehrt.

Fig. 6 zeigt eine weitere Modifikation des Rührwerks nach Fig. 2. Die Struktur des modifizierten Rührwerks nach Fig. 6 ist im wesentlichen ähnlich zu der des Rührwerks nach Fig. 2, hat jedoch eine akustische Linse 601, die in dem Fortpflanzungsweg der von dem piezoelektrischen Element ausgesandten Ultraschallwelle liegt. Die akustische Linse 601 wirkt so, daß sie die Ultraschallwelle in dem Wasser 402 konstanter Temperatur sammelt, so daß die so gesammelte Ultraschallwelle als Schallwelle 404 durch den Boden des Reaktionsgefäßes tritt und an einem Punkt angrenzend an die Probe 101 und die Reagenzlösung in dem Reaktionsgefäß konzentriert wird. In einem Punkt angrenzend an die Probe 101 wird daher ein vertikal aufwärtsgerichtetes starkes Schallfeld erzeugt, um eine akustische Geradströmung 203 zu erzeugen, die stark genug ist, um die Probe 101 anzuheben. Das modifizierte Rührwerk nach Fig. 6 kann daher effektiv auf Fälle angewendet werden, wo eine Probe großer spezifischer Dichte und hoher Viskosität rasch gerührt werden soll.

Der chemische Analysator, der mit einem der oben beschriebenen Rührwerke versehen ist, wird durch die Steuereinrichtung 318 gesteuert und arbeitet wie folgt: Zuerst wird der die Proben tragende Drehtisch 306 rotiert, um eine Probenschale oder einen Probenbehälter 305 mit einer darin befindlichen Probe an eine vorbestimmte Position zu bringen. Der automatische Probenzuführmechanismus 304 saugt dann die Probe aus dem Probenbehälter 305, fördert die so angesaugte Probe und läßt dann eine vorbestimmte Menge der so geförderten Probe in ein Reaktionsgefäß 301 auf dem die Gefäße haltenden Drehtisch 302 ab. Der erste Tischantriebsabschnitt 303 wird dann betätigt, um den Drehtisch 302 zu rotieren und dadurch das Reaktionsgefäß 301 an eine vorbestimmte Position zu bewegen, bei der der automatische Reagenzzuführungsmechanismus 308 so ausgelegt ist, eine Menge einer Reagenzlösung in das Reaktionsgefäß 301 zuzuführen. Der automatische Reagenzzuführungsmechanismus 308 saugt aus einer Reagenzflasche 309 eine Reagenzlösung, die für den beabsichtigten Analysefall geeignet ist, und läßt dann eine vorbestimmte Menge der so angesaugten Reagenzflüssigkeit in das Reaktionsgefäß 301 ab. Das Rührwerk 312 wird zugleich mit dem Ablassen der Reagenzlösung in das Reaktionsgefäß 301 betätigt, um Probe und Reagenzlösung in dem Gefäß 301 zu rühren und miteinander zu mischen.

Nachdem die Mischoperation beendet ist, wird der die Gefäße tragende Drehtisch 302 rotiert, um das Reaktionsgefäß 301 an eine Meßstation zu bewegen, die durch den Meßabschnitt 314 gebildet wird. Der Meßabschnitt 314 mißt die physikalischen Eigenschaften der in dem Reaktionsgefäß 301, das an den Meßabschnitt gebracht wird, enthaltenen Probe. Danach wird das Reaktionsgefäß 301 an einen Waschabschnitt bewegt, der durch den Waschmechanismus 315 gebildet wird, und wird dort gewaschen und gereinigt. Insbesondere saugt der Waschmechanismus 315 aus dem Reaktionsgefäß 301 die Probe, die mit dem Reagens reagiert hat, und läßt dann eine Menge von Waschflüssigkeit in das Reaktionsgefäß 301 ab. Zur gleichen Zeit wird das zweite Rührwerk 316 betätigt, um eine Konvektion über die gesamte Menge der Waschflüssigkeit herbeizuführen, die in das Reaktionsgefäß 301 eingebracht wurde, um dadurch das vollständige Waschen und Reinigen des



Inneren des Reaktionsgefäßes zu erleichtern.

Die jeweiligen Verfahrensschritte, wie oben beschrieben, werden für aufeinanderfolgende und verschiedene Proben wiederholt.

Das beschriebene und dargestellte Ausführungsbeispiel des chemischen Analysators der vorliegenden Erfindung kann betrieben werden, um Proben und Reagenzlösungen in einer nicht eintauchenden Weise zu mischen und daher das Problem des Standes der Technik zu eliminieren, daß Flüssigkeit durch einen Rührstab entnommen oder weitergetragen wird. Ein anderer Vorteil des beschriebenen Ausführungsbeispiels der Erfindung ist es, daß eine Messung für wesentlich reduzierte Mengen von Proben und Reagenzlösungen durchgeführt werden kann. Da darüber hinaus Reaktionsgefäße 15 reduzierter Größen für das Mischen von Proben und Reagenzlösungen verwendet werden können, kann der die Proben tragende Drehtisch 302 von verminderter Größe sein, kann jedoch ebensoviele Reaktionsgefäße aufnehmen, als von einem Proben tragenden Drehtisch 20 eines konventionellen chemischen Analysators aufgenommen werden können, mit dem sich daraus ergebenden Vorteil, daß die Baugröße des chemischen Analysators vermindert werden kann, während die Kapazität unverändert bleibt. Das bedeutet, daß im Falle wo der chemische Analysator nach der Erfindung in gleicher 25 Baugröße als im Stand der Technik ausgebildet wird, daß der Analysator in der Lage ist, eine erhöhte Zahl von Reaktionsgefäßen zu halten und zu tragen und dadurch eine merklich erhöhte Kapazität der Verarbeitung von Proben zu schaffen. Außerdem kann in dem chemischen Analysator des beschriebenen Ausführungsbeispiels der Erfindung das Mischen einer Probe und einer Reagenzlösung in einem Reaktionsgefäß an 30 einer Position ausgeführt werden, wo die Reagenzlösung in das Reaktionsgefäß zugeführt wird. Mit anderen Worten, das Zuführen einer Reagenzlösung in ein Reaktionsgefäß und das Mischen einer Reagenzlösung mit der Probe in dem Gefäß kann in ein und derselben Position durchgeführt werden. Dadurch kann der chemische Analysator nach dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung die Zeit eliminieren, die früher für Mischen und Rühren benötigt wurde. Außerdem ist das zweite Rührwerk, das am Wasch- und Reinigungsabschnitt angeordnet ist, von der nichteintauchenden Type und ermöglicht eine verbesserte Gefäßreinigungsope- 35 ration.

Das zweite Ausführungsbeispiel des chemischen Analysators nach der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben. Der chemische 40 Analysator nach Fig. 7 enthält einen automatischen Probenpipettiermechanismus 304, einen automatischen Reagenzpipettiermechanismus 308, Reaktionsgefäße, von denen bei 301 nur eines gezeigt ist, einen Wasserbehälter 401, ein piezoelektrisches Element 103, das am Boden des Wasserbehälters 401 angeordnet ist, um eine Zirkulationsströmung in dem Reaktionsgefäß 301 zu erzielen, einen Sensor 322 zum Messen der physikalischen Eigenschaften der in dem Reaktionsgefäß 301 enthal- 45 tenen Probe, ein Rohr 324, durch das die Probe aus dem Reaktionsgefäß 301 gesaugt und in den Sensor 322 eingeführt wird, und eine Pumpe 323 um das Ansaugen der Probe aus dem Reaktionsgefäß 301 und das Einbringen in den und die Weiterbewegung nach dem Sensor 322 zu erzielen. Der automatische Probenpipettiermechanismus 304 und der automatische Reagenzpipettiermechanismus 308 werden so betrieben, daß sie vorbestimmte Mengen einer Probe und einer Reagenzlösung einem 50

Reaktionsgefäß 301 zuführen. Zugleich wird das piezoelektrische Element 103 eingeschaltet, um eine akustische Geradströmung in dem Reaktionsgefäß zu verursachen, so daß die Probe und die Reagenzlösung in dem 5 Reaktionsgefäß 103 in relativ kurzer Zeit miteinander vermischt werden. Das piezoelektrische Element 103 ist so angeordnet und orientiert (winkelig) relativ zum Reaktionsgefäß 301, daß eine Zirkulationsströmung in dem Gefäß herbeigeführt wird. Die Pumpe 323 wird so angetrieben, daß sie die Mischung von Probe und Reagenzlösung aus dem Reaktionsgefäß 301 saugt und die Mischung dem Sensor 322 zuführt, so daß hierbei die physikalischen Eigenschaften der Mischung gemessen werden. 10

Das Ausführungsbeispiel des chemischen Analysators, das unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben wurde, reduziert effektiv das nachteilige Übertragen, und zusätzlich eliminiert es nicht nur den Verfahrensschritt des Einsetzens eines Rührteils in ein Reaktionsgefäß, sondern spart auch die Zeit, die für das Waschen des Rührteils benötigt wird, um dadurch eine zeitsparende und effiziente Analyse zu sichern. 15

Fachleute werden erkennen, daß der mit Bezugnahme auf Fig. 7 beschriebene chemische Analysator in Kombination mit dem chemischen Analysator nach Fig. 1 installiert werden kann. 20

#### Patentansprüche

1. Chemischer Analysator mit einem Reaktionsgefäß, einer Vorrichtung zum Zuführen einer Probe in das Reaktionsgefäß durch eine obere Öffnung hiervon, einer Vorrichtung zum Zuführen eines Reagens in das Reaktionsgefäß durch die obere Öffnung hiervon, und einer Vorrichtung zum Messen einer physikalischen Eigenschaft der Probe während oder nach der Reaktion der Probe mit dem Reaktionsmittel, verbessert durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen, die außerhalb des Reaktionsgefäßes angeordnet ist, zur Erzeugung von auf das Reaktionsgefäß gerichteten Schallwellen.
2. Chemischer Analysator nach Anspruch 1, wobei die von der Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen erzeugte Schallwelle eine akustische Geradströmung ist.
3. Chemischer Analysator nach Anspruch 2, wobei die Schallwelle eine Frequenz mit einer Geschwindigkeit von nicht weniger als  $1 \times 10^{-4}$  m/s hat.
4. Chemischer Analysator nach Anspruch 1, der außerdem eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position der Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen hat.
5. Chemischer Analysator nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen in einem Abstand zu dem Reaktionsgefäß angeordnet ist und die Schallwelle erzeugt und gegen den Boden des Reaktionsgefäßes ausrichtet.
6. Chemischer Analysator nach Anspruch 5, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen die Schallwelle erzeugt und in einer Richtung ausrichtet, die von der Mitte des Bodens des Reaktionsgefäßes versetzt ist.
7. Chemischer Analysator nach Anspruch 5, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen die Schallwelle derart erzeugt, daß die Energie der so erzeugten Schallwelle an einem Punkt konzentriert wird, der an den Mittelpunkt des Bodens des 65



Reaktionsgefäßes angrenzt.

8. Chemischer Analysator nach Anspruch 7, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen eine akustische Linse enthält, die das Konzentrieren der Schallwelle bewirkt.

9. Chemischer Analysator nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen die Schallwelle erzeugt und gegen eine Seitenwand des Reaktionsgefäßes ausrichtet.

10. Chemischer Analysator mit einem ersten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Reaktionsgefäßen, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, einem zweiten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Probenbehältern, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, wobei jeder Probenbehälter eine zu untersuchende Probe enthält, einem dritten Drehtisch mit einer Mehrzahl von Reagenzbehältern, die darauf in einer Kreislinie angeordnet sind, wobei jeder Reagenzbehälter eine Menge einer Reagenzlösung enthält, eine Probenzuführungsvorrichtung, die eine Probe von einem der Probenbehälter in eines der Reaktionsgefäße durch eine obere Öffnung hiervon transportiert, einer Reagenzzuführungsvorrichtung, die eine Reagenzlösung von einem der Reagenzbehälter in das Reaktionsgefäß durch eine obere Öffnung hiervon transportiert, und eine Vorrichtung zum Messen der physikalischen Eigenschaften der in dem einen Reaktionsgefäß enthaltenen Probe während oder nach der Reaktion der Probe mit dem in dem Reaktionsgefäß enthaltenen Reagens, verbessert durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen, so angeordnet, daß sie außerhalb jedes Reaktionsgefäßes liegt, zur Erzeugung einer Schallwelle gegen das Reaktionsgefäß.

11. Chemischer Analysator nach Anspruch 10, wobei die von der Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen erzeugte Schallwelle eine akustische Geradströmung ist.

12. Chemischer Analysator nach Anspruch 11, wobei die Schallwelle eine Frequenz aufweist, die eine Geschwindigkeit von nicht weniger als  $1 \times 10^{-4}$  m/s hat.

13. Chemischer Analysator nach Anspruch 10, weiter enthaltend eine Vorrichtung zum Einstellen der Position der Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen.

14. Chemischer Analysator nach Anspruch 10, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen so angeordnet ist, daß sie von dem Reaktionsgefäß beabstandet ist und die Schallwelle erzeugt und gegen den Boden des Reaktionsgefäßes ausrichtet.

15. Chemischer Analysator nach Anspruch 14, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen die Schallwelle erzeugt und in einer Richtung ausrichtet, die vom Zentrum des Bodens jedes Reaktionsgefäßes versetzt ist.

16. Chemischer Analysator nach Anspruch 14, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen die Schallwelle derart erzeugt, daß die Energie der so erzeugten Schallwelle an einem Punkt konzentriert wird, der an das Zentrum des Bodens jedes Reaktionsgefäßes angrenzt.

17. Chemischer Analysator nach Anspruch 16, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwellen eine akustische Linse aufweist, die ein Konzentrieren der Schallwelle herbeiführt.

18. Chemischer Analysator nach Anspruch 10, wobei die Vorrichtung zur Erzeugung von Schallwel-

len die Schallwelle erzeugt und gegen eine Seitenwand jedes Reaktionsgefäßes ausrichtet.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

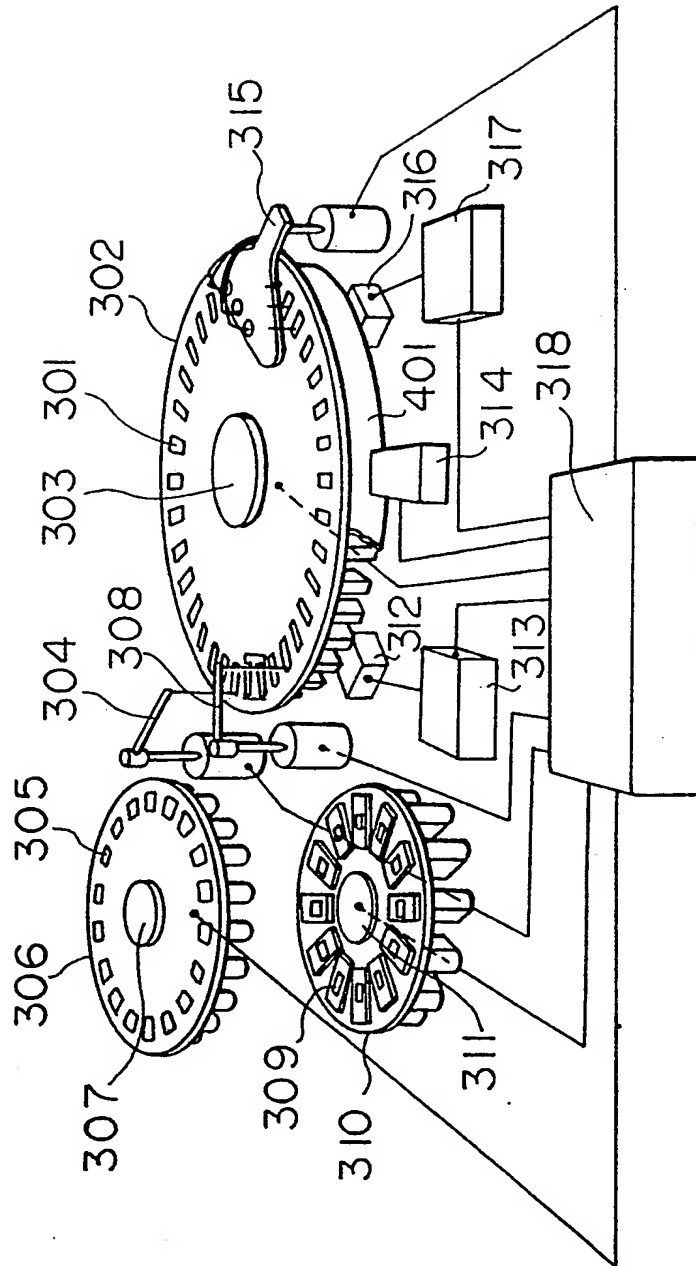


FIG. 2

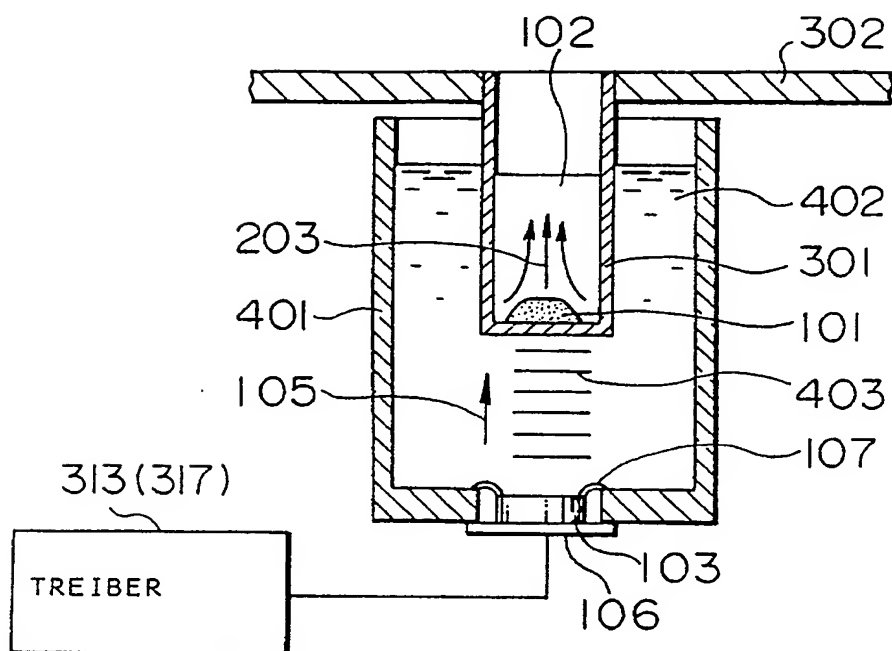


FIG. 3

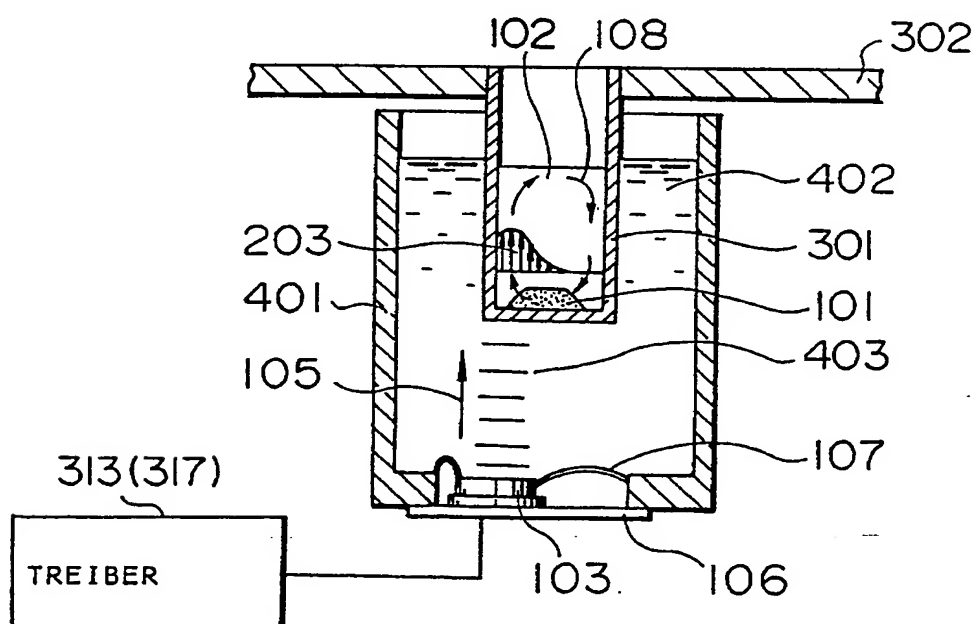


FIG. 4

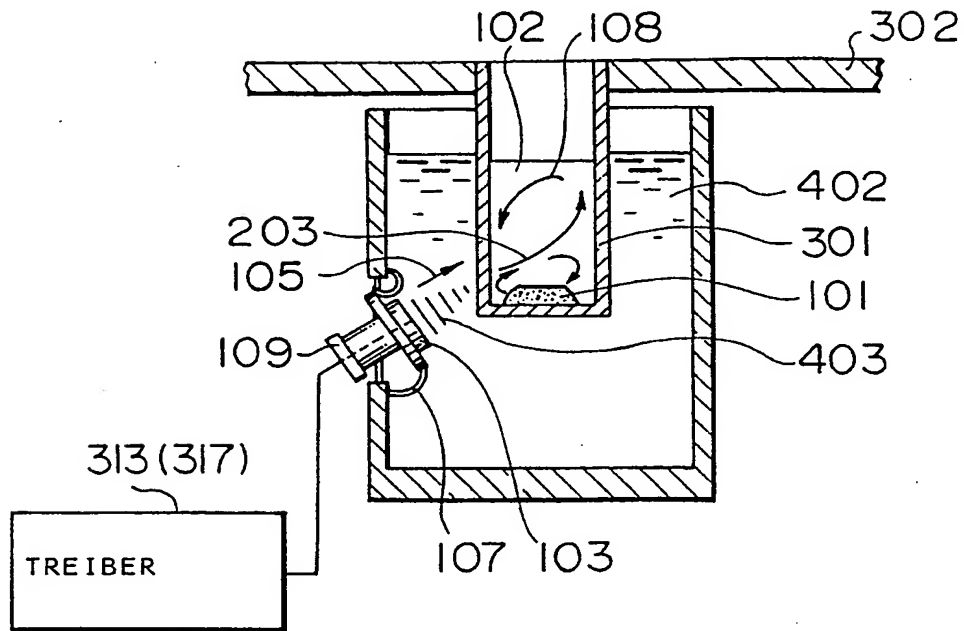


FIG. 5

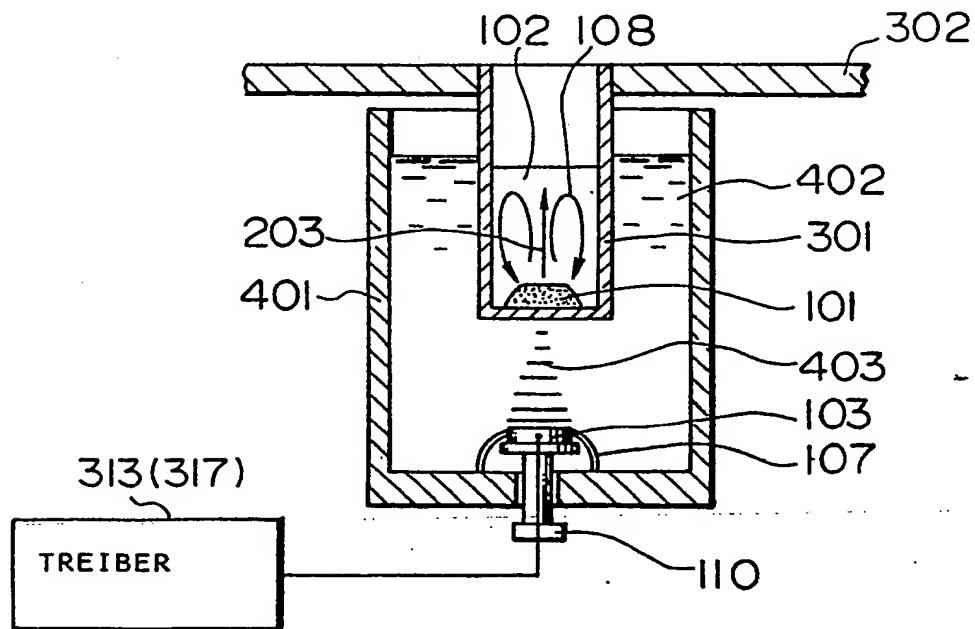


FIG. 6

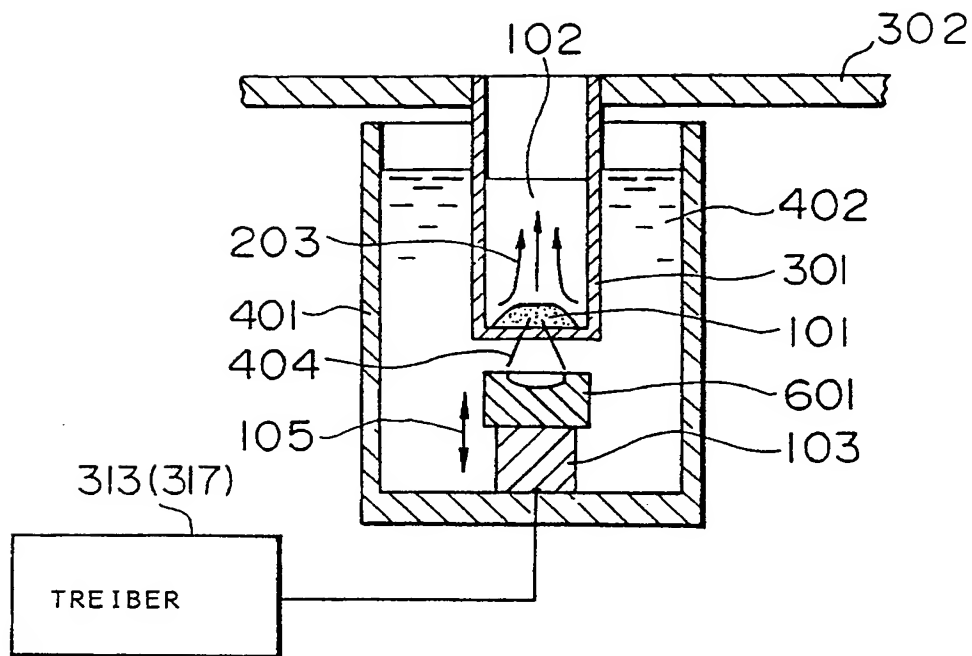


FIG. 7

